

CẤU TRÚC VÀ ĐA DẠNG LOÀI CÂY GỖ CỦA RỪNG LÁ RỘNG THƯỜNG XANH PHỤC HỒI SAU KHAI THÁC CHỌN TẠI HUYỆN KBANG, TỈNH GIA LAI

Cao Thị Thu Hiền¹, Nguyễn Hồng Hải²

^{1,2}Trường Đại học Lâm nghiệp

TÓM TẮT

Trước đây đã có nhiều nghiên cứu về ảnh hưởng của khai thác chọn với cường độ khác nhau đến cấu trúc và đa dạng loài cây gỗ của rừng mưa nhiệt đới. Tuy nhiên, hiện nay vẫn còn thiếu những nghiên cứu về khả năng và thời gian phục hồi đối với rừng tự nhiên đã qua khai thác. Bài báo này giới thiệu kết quả nghiên cứu sự khác biệt về cấu trúc và đa dạng loài cây gỗ giữa rừng lá rộng thường xanh ẩm nhiệt đới ở trạng thái ổn định và sau 30 năm khai thác với cường độ thấp và cường độ cao tại khu vực Kon Hà Nừng thuộc tỉnh Gia Lai. Số liệu nghiên cứu bao gồm 9 ô tiêu chuẩn 1 ha; trong đó mỗi trạng thái rừng là 3 ô tiêu chuẩn. Cấu trúc quần thể, đa dạng loài cây gỗ, phân bố của các loài cây gỗ theo diện tích và phân bố không gian đã được phân tích theo phương pháp thống kê trong sinh thái quần xã thực vật. Kết quả nghiên cứu cho thấy phân bố số cây theo cấp đường kính là phân bố giảm dần và tuân theo phân bố Beta bốn tham số với số cây chủ yếu tập trung ở cấp đường kính 20 cm. Phân bố số cây theo cấp chiều cao là phân bố một đỉnh lệch trái/phải cũng tuân theo phân bố Weibull ba tham số với chiều cao tập trung từ 14 đến 18 m. Đường kính trung bình, chiều cao trung bình và chỉ số đa dạng loài cây gỗ ở hai trạng thái rừng đã qua 30 năm khai thác cũng tương tự như trạng thái rừng ổn định. Số loài cây gỗ gia tăng dần theo kích thước ô tiêu chuẩn, đặc biệt là 2 trạng thái rừng đã qua khai thác chọn. Ở cả ba trạng thái rừng này, phân bố của các loài cây gỗ đều theo dạng phân bố cụm. Những dẫn liệu này đã chứng tỏ rằng chu kỳ sinh thái đối với rừng lá rộng thường xanh được khai thác với cường độ thấp và cường độ cao là 30 năm. Khai thác chọn với cường độ hợp lý là giải pháp kinh tế - kỹ thuật phù hợp trong quản lý rừng bền vững.

Từ khóa: Cấu trúc rừng, đa dạng loài cây gỗ, khai thác chọn, phân bố không gian, rừng lá rộng thường xanh ẩm nhiệt đới.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khai thác chọn là cách tiếp cận rất phổ biến và được áp dụng rộng rãi ở khu vực Đông Nam Á (Okuda và cộng sự, 2003). Khai thác chọn có thể thúc đẩy tái sinh tự nhiên (Bawa và Seidler, 1998), nhưng cũng ảnh hưởng xấu đến những cây để lại sau khai thác, tăng độ chặt của đất và thay đổi môi trường sống của các loài cây tái sinh (Slik và cộng sự, 2002; Win và cộng sự, 2012). Khai thác chọn với cường độ thích hợp sẽ đảm bảo cho rừng phát triển ổn định. Nghiên cứu của Luna và cộng sự (1999) đối với rừng Sao Dầu ở Philippines cho thấy chu kỳ sinh thái đối với rừng sau khai thác là 50 năm.

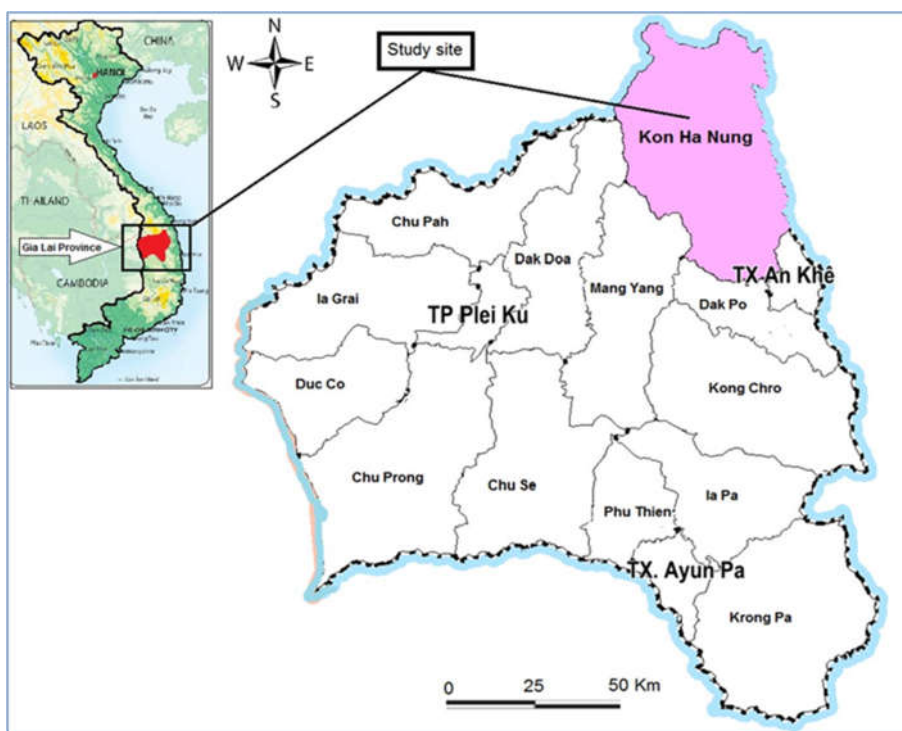
Rừng lá rộng thường xanh ẩm nhiệt đới tại khu vực Rừng thực nghiệm Kon Hà Nừng thuộc tỉnh Gia Lai có diện tích là 1.400 ha; trong đó có khoảng 100 ha thuộc vùng lõi chưa khai thác. Khai thác chọn được thực hiện vào những năm 1980 trên những quần thể có trữ lượng gỗ lớn hơn 130 m³/ha. Khai thác chọn được thực hiện với cường độ thấp (< 30% trữ lượng) và cường độ cao (30 - 50% trữ lượng). Đường kính cây tối thiểu được khai thác là 45 cm. Để làm giảm tác động đến cây chừa và hệ

sinh thái rừng, những cây gỗ khai thác đã được đưa ra khỏi rừng bằng tời. Để đánh giá khả năng phục hồi, rừng sau khi khai thác không được tác động về mặt lâm sinh. Mục tiêu của nghiên cứu này là phân tích sự khác biệt về cấu trúc và đa dạng loài cây gỗ giữa rừng lá rộng thường xanh ẩm nhiệt đới ở trạng thái ổn định và sau 30 năm khai thác với cường độ thấp và cường độ cao.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Thu thập số liệu

Số liệu nghiên cứu được đo đếm vào năm 2012 ở rừng lá rộng thường xanh ẩm nhiệt đới tại khu vực Kon Hà Nừng, huyện K'Bang, tỉnh Gia Lai (Hình 1). Tọa độ địa lý: 14°00' - 14°30' Bắc, 108°17' - 108°44' Đông). Khu vực nghiên cứu có nhiệt độ trung bình năm 23,6°C. Lượng mưa trung bình năm khoảng 2.042 mm. Mùa mưa kéo dài từ tháng 5 đến tháng 12 và chiếm 90% tổng lượng mưa hàng năm, mùa khô kéo dài từ tháng 1 đến tháng 4. Đất chủ yếu là đất nâu tím điển hình, đất đỏ vàng, đất đỏ vàng có tầng sét loang lổ và đất đỏ vàng trên đá sét và đá biến chất. Độ cao là 700 m so với mực nước biển.



Hình 1. Bản đồ khu vực nghiên cứu

Rừng chưa khai thác - Unlogging (UL) và rừng sau khai thác với cường độ thấp - Low Impact Logging (LIL) (dưới 30% tổng trữ lượng cây đứng) và cường độ cao - High Impact Logging (HIL) (30 - 50% tổng trữ lượng cây đứng) vào năm 1980 đã được thu thập từ 9 ô tiêu chuẩn (OTC) với diện tích 1 ha (100 x 100 m). Mỗi ô tiêu chuẩn được chia thành 25 phân ô (20 x 20 m). Trong mỗi ô tiêu chuẩn, thành phần loài cây gỗ lớn ($D \geq 10,0$ cm) được thống kê theo loài và sắp xếp theo chi và họ. Tên loài, chi và họ được xác định theo Phạm Hoàng Hộ (1999), Trần Hợp và Nguyễn Bội Quỳnh (2003). Chỉ tiêu D (cm) của từng cây được xác định thông qua đo chu vi thân cây bằng thước dây với độ chính xác 0,1 cm; sau đó quy đổi ra D (cm). Chỉ tiêu H (m) của từng cây được đo đặc bằng thước Blume - Leiss với độ chính xác 0,5 m.

2.2. Xử lý số liệu

2.2.1. Một số chỉ tiêu về nhân tố cấu trúc

Các nhân tố cấu trúc bao gồm mật độ (N), đường kính bình quân ($\bar{D}_{1.3}$), chiều cao bình quân (\bar{H}_{VN}), tổng tiết diện ngang (G), và trữ lượng (M).

2.2.2. Xác định kết cấu loài cây gỗ, công thức tổ thành theo chỉ số IV%

Để xác định thành phần loài cây gỗ ở mỗi trạng thái rừng, gộp 3 OTC ở mỗi trạng thái rừng thành 1 OTC lớn. Cơ sở để gộp các OTC ở mỗi trạng thái rừng là có sự đồng nhất về phân bố đường kính của cả 3 OTC. Tiêu chuẩn Kolmogorov-Smirnov được dùng để kiểm tra sự đồng nhất này. Kết cấu loài cây gỗ (Tree Species Composition) của mỗi trạng thái rừng được xác định theo phương pháp của Daniel Marmillod (Dẫn theo Vũ Đình Huệ, 1984) (Công thức 1); trong đó IV% là chỉ số mức độ quan trọng của loài trong quần xã; N% và G% tương ứng là mật độ tương đối ($N\% = N_i/N$) và tiết diện ngang thân cây tương đối ($G\% = G_i/G$) của loài; N_i và G_i là mật độ và tổng tiết diện ngang của loài i.

$$IV\% = \frac{N\% + G\%}{2} \quad (1)$$

Theo Daniel Marmillod, loài cây nào có $IV_i > 5\%$ là loài có ý nghĩa về mặt sinh thái. Theo Thái Văn Trùng (1978), nhóm dưới 10 loài cây có tổng $IV_i\% > 50\%$ tổng cá thể tầng cây cao thì chúng được coi là nhóm loài ưu thế và đồng ưu thế (còn gọi là ưu hợp thực vật). Trong nghiên cứu này, công thức tổ thành (CTTT) chỉ bao gồm 6 loài cây gỗ có chỉ số IV% lớn nhất.

2.2.3. Xác định phân bố số cây theo cấp đường kính và cấp chiều cao

Phân bố $N/D_{1.3}$ và N/H_{VN} của các trạng thái rừng được mô tả bằng phân bố Weibull ba tham số (Công thức 2).

2.2.4. So sánh những đặc trưng quần thụ trước và sau khai thác 30 năm

Kết cấu N, D, H, G và M được tập hợp theo trạng thái rừng ổn định và rừng đã qua khai thác với cường độ thấp và cường độ cao. Sau đó sử dụng phương pháp phân tích phương sai một nhân tố để so sánh sự khác biệt về kết cấu quần thụ giữa ba trạng thái rừng này.

2.2.5. Phân tích đa dạng loài cây gỗ

Đa dạng loài cây gỗ đối với ba trạng thái rừng được phân tích theo ba thành phần: Mức độ giàu có về loài được xác định theo số loài (Công thức 2) và chỉ số giàu có về loài của Margalef (d) (Công thức 5), chỉ số ưu thế Simpson (Công thức 3), chỉ số đa dạng Shannon-Wiener (Công thức 4) và chỉ số đồng đều được xác định theo chỉ số Pielou (J') (Công thức 6). Ở công thức 2 - 4, π_i là tỷ lệ của loài I, n_i là số cá thể của loài i, N là tổng số cá thể, s là số loài.

$$\Delta_{SC} = \sum_{i=1}^s \left\{ \frac{1}{\pi_i} \right\} \pi_i = s \quad (2)$$

$$\Delta_{Si} = \sum_{i=1}^s [1 - \pi_i] \pi_i = 1 - \sum_{i=1}^s \pi_i^2 \quad (3)$$

$$\Delta_{Sh} = \sum_{i=1}^s \{-\log \pi_i\} \pi_i = -\sum_{i=1}^s \pi_i \log \pi_i \quad (4)$$

$$d = (s - 1) / \ln(N) \quad (5)$$

$$J' = \Delta_{Sh} / H'_{max} \quad (6)$$

2.2.6. Hồ sơ đa dạng

Hồ sơ đa dạng được dùng để đánh giá mức độ đa dạng loài cây gỗ đối với 3 trạng thái rừng. Hai kiểu hồ sơ đa dạng được dùng là kiểu phân đôi (7) và kiểu xếp hạng (8).

- Kiểu phân đôi:

$$\Delta_{\beta} = \sum_{i=1}^s \frac{1 - \pi_i^{\beta}}{\beta} \pi_i = \frac{1 - \sum_{i=1}^s \pi_i^{\beta+1}}{\beta}, \beta \geq -1 \quad (7)$$

Trong đó, khi $\beta = -1$, Δ_{-1} là số loài, khi $\beta = 0$, Δ_0 là chỉ số Shannon-Wiener và khi $\beta = 1$, Δ_1 là chỉ số Simpson.

- Kiểu xếp hạng:

$$T_j = \sum_{i=j+1}^s \pi_i^{\beta} \quad \text{với } j = 1, \dots, s-1 \quad (8)$$

Trong đó: $T_s = 0$ and $T_0 = 1$. Nếu các hồ sơ đa dạng T_j không giao nhau thì trạng thái rừng nào có hồ sơ T_j nằm trên sẽ đa dạng hơn, nếu

các hồ sơ đa dạng T_j mà giao nhau thì không có trạng thái rừng nào đa dạng hơn.

2.2.7. Phân tích mối quan hệ giữa số loài cây theo diện tích

Biến động số loài cây gỗ theo diện tích được phân tích từ các ô phụ (20*20 m). Mối quan hệ này được mô tả bằng phương pháp Rarefaction method (Hurlbert 1971, Simberloff 1972) (Công thức 9). Đây là phương pháp thống kê để ước lượng số loài từ một mẫu ngẫu nhiên của các cá thể cây gỗ được thu thập. Ở công thức 9, E là số loài ước lượng theo diện tích; S là tổng số loài trong mẫu; N_i là số cá thể của loài i; N là tổng số cây trong các ô mẫu.

$$E(\hat{S}_n) = \sum_{i=1}^s \left[1 - \frac{\binom{N - N_i}{n}}{\binom{N}{n}} \right] \quad (9)$$

2.2.8. Xác định kiểu phân bố của loài cây gỗ theo không gian

Phân bố không gian của các loài cây gỗ ưu thế được xác định từ các ô phụ (20 x 20 m). Chỉ tiêu này được xác định bằng chỉ số phân tán của Morisita (Công thức 10); trong đó I_d - chỉ số phân tán; n - số phân ô (n = 25);

$$\sum X = X_1 + X_2 + \dots + X_{25} \text{ và}$$

$$\sum X^2 = X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_{25}^2 \text{ tương ứng là}$$

tổng và tổng bình phương của các cá thể của loài i trong mỗi phân ô. Nếu $I_d < 1$ phân bố có dạng đều, $I_d = 1$ phân bố có dạng ngẫu nhiên, $I_d > 1$ phân bố có dạng cụm.

$$I_d = n \left[\frac{\sum x^2 - \sum x}{(\sum x)^2 - \sum x} \right] \quad (10)$$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Một số chỉ tiêu về nhân tố cấu trúc

Đường kính, chiều cao, mật độ, tổng tiết diện ngang và trữ lượng gỗ của quần thụ trên 9 OTC được tổng hợp ở bảng 1.

Mật độ quần thụ trung bình ở rừng sau khai thác với cường độ cao (595 cây/ha) lớn hơn so với rừng sau khai thác với cường độ thấp (583 cây/ha) và rừng ổn định (519 cây/ha). Đường kính trung bình không có khác biệt lớn giữa 3 trạng thái rừng, dao động từ 25 cm ở rừng ổn định đến 25,9 cm ở rừng sau khai thác với

cường độ cao. Trái lại, chiều cao, tổng tiết diện ngang và trữ lượng quần thụ khác nhau rõ rệt giữa 3 trạng thái rừng. Chiều cao trung bình, tổng tiết diện ngang và trữ lượng quần thụ của trạng thái rừng chưa khai thác là nhỏ nhất

(17,5 m; 35,6 m²/ha; 368,2 m³/ha), lớn nhất là trạng thái rừng sau khai thác với cường độ cao (19,1 m; 47,7 m²/ha; 590,2 m³/ha). Nói chung, cả ba trạng thái rừng này đều là trạng thái rừng giàu theo Thông tư số 34/2009/TT-BNNPTNT.

Bảng 1. Đường kính, mật độ, tiết diện ngang và trữ lượng gỗ của rừng ổn định và rừng đã qua khai thác với cường độ khác nhau

Trạng thái	OTC	N (cây/ha)	$\bar{D}_{1,3}$ (cm)	\bar{H}_{VN} (m)	G/ha (m ² /ha)	M (m ³ /ha)
Chưa khai thác (UL)	1	500	24,7	17,5	33,9	368,8
	3	479	26,4	17,9	36,3	366,6
	4	577	23,9	17,2	36,7	369,3
Trung bình		519	25,0	17,5	35,6	368,2
Khai thác cường độ thấp (LIL)	6	492	26,9	19,2	42,8	530,3
	7	672	24,8	19,0	44,1	480,1
	9	585	25,0	19,0	43,6	525,6
Trung bình		583	25,6	19,1	43,5	512,0
Khai thác cường độ cao (HIL)	2	594	27,1	20,4	51,3	653,8
	8	559	26,6	19,0	50,6	661
	10	631	24,1	18,0	41,3	455,9
Trung bình		595	25,9	19,1	47,7	590,2

3.2. Kết cấu loài cây gỗ của ba trạng thái rừng

Kết cấu loài cây gỗ không chỉ là chỉ tiêu được dùng để đánh giá mức độ đa dạng sinh học, tính ổn định và tính bền vững của rừng,

mà còn là cơ sở để định hướng cho các biện pháp quản lý rừng theo các mục tiêu khác nhau. Kết cấu loài cây gỗ của ba trạng thái rừng được trình bày ở bảng 2.

Bảng 2. Kết cấu loài cây gỗ của ba trạng thái rừng khác nhau

Trạng thái	Số loài	Số loài trong CTTT	Loài cây	G%	N%	IV%
Chưa khai thác (UL)	124	1	Giổi nhung	10,1	3,5	6,8
		2	Gội tẻ	4,7	4,8	4,7
		3	Trường	3,8	5,5	4,7
		4	Xoay	4,1	3,4	3,8
		5	Dẻ đỏ	4,8	2,6	3,7
		6	Kháo	5,0	2,2	3,6
		7	Các loài khác	67,4	78,0	72,7
Khai thác cường độ thấp (LIL)	114	1	Giổi nhung	12,0	5,3	8,6
		2	Dâu móc	4,4	5,0	4,7
		3	Kháo	4,5	4,0	4,3
		4	Xoay	6,5	1,3	3,9
		5	Hoắc quang	1,7	6,0	3,8
		6	Dẻ trắng	4,5	3,0	3,8
		7	Các loài khác	66,4	75,4	70,9
Khai thác cường độ cao (HIL)	119	1	Giổi nhung	12,2	3,5	7,8
		2	Xoay	9,8	2,2	6,0
		3	Cóc đá	8,2	2,7	5,5
		4	Dâu móc	3,1	3,8	3,4
		5	Trâm quả to	4,8	2,0	3,4
		6	Hoắc quang	1,4	4,2	2,8
		7	Các loài khác	60,5	81,7	71,5

Trạng thái rừng chưa khai thác và rừng khai thác cường độ thấp chỉ có một loài cây có chỉ số IV% > 5%, 5 loài còn lại có chỉ số IV% < 5%. Trái lại, trạng thái rừng khai thác cường độ cao có 3 loài cây gỗ có chỉ số IV% > 5%. Nói chung, Giỏi nhung là loài ưu thế trong cả ba trạng thái rừng. Trái lại, những loài cây gỗ đồng ưu thế ở trạng thái rừng ổn định (Gội tẻ, Trường) khác với trạng thái rừng sau khai thác với cường độ thấp (Dâu móc, Kháo) và trạng thái rừng sau khai thác với cường độ cao (Giỏi nhung và Xoay). Thành phần loài của trạng thái rừng sau khai thác cường độ thấp và cường độ cao có tới 4 loài giống nhau là Giỏi nhung, Xoay, Dâu móc và Hoắc quang.

Lamprecht (1989) đã chỉ ra rằng rừng lá rộng thường xanh ổn định thường có mật độ 600 cây/ha với đường kính lớn hơn 10 cm. Theo Djomo và cộng sự (2006), mật độ cây của rừng thường xanh ở Tây Nam Cameroon dao động từ 216 cây/ha tới 398 cây/ha. Khi nghiên cứu cho đối tượng rừng thường xanh, Tchouto và cộng sự (2009) cũng chỉ ra rằng mật độ của kiểu rừng này dao động trong khoảng 489 cây/ha và 741 cây/ha. Trong nghiên cứu này, mật độ của rừng sau khai thác với cường độ cao, cường độ thấp và rừng ổn định tương ứng là 595 cây/ha, 583 cây/ha và 519 cây/ha.

3.3. Cấu trúc quần thụ của ba trạng thái rừng
3.2.1. Phân bố số cây theo cấp đường kính ($N/D_{1.3}$)

Bảng 3. Đặc trưng thống kê đường kính thân cây của 3 trạng thái rừng ở khu vực nghiên cứu

Trạng thái	OTC	N (Cây/ha)	$\bar{D}_{1.3}$ (cm)	S	Độ nhọn	Độ lệch	S%	Min	Max
Chưa khai thác (UL)	1	500	24,7	15,9	5,5	2,0	64,2	10,2	118,1
	3	479	26,4	16,3	1,7	1,4	61,8	10,2	90,4
	4	577	23,9	15,0	3,9	1,9	63,2	10,2	92,3
Khai thác cường độ thấp (LIL)	6	492	26,9	19,6	5,1	1,9	72,9	10,2	136,6
	7	672	24,8	14,8	2,2	1,5	59,7	10,2	101,9
	9	585	25,0	17,9	8,9	2,4	71,6	10,2	159,2
Khai thác cường độ cao (HIL)	2	594	27,1	19,0	3,9	1,9	70,6	10,2	116,2
	8	559	26,6	21,1	6,7	2,4	79,1	10,2	160,4
	10	631	24,1	16,0	6,5	2,3	66,4	10,2	116,2

Phân tích đường kính thân cây của 3 trạng thái rừng ở khu vực nghiên cứu (Bảng 3) cho thấy, mật độ dao động từ 479 cây/ha đến 672

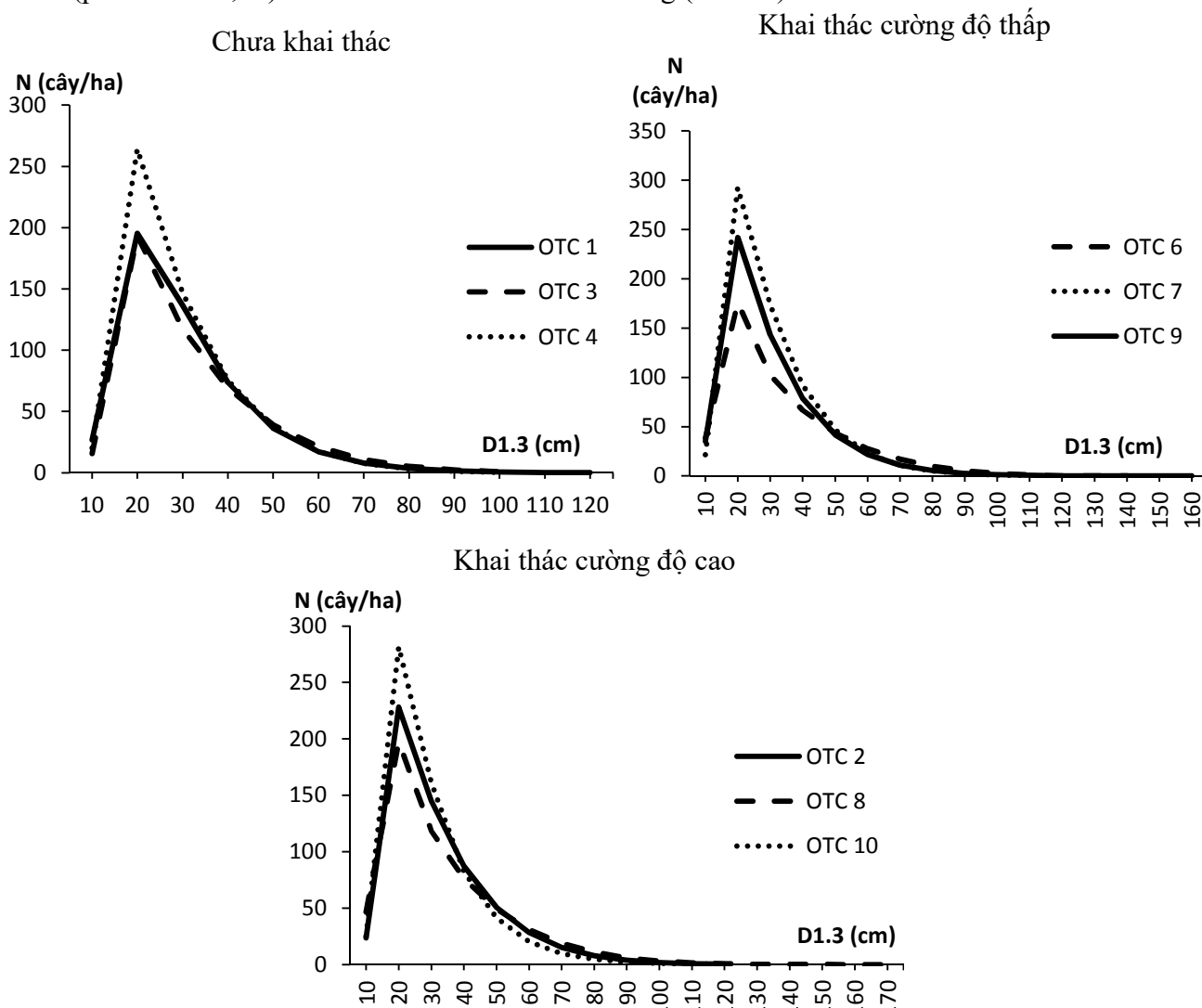
cây/ha, đường kính trung bình dao động từ 23,9 cm đến 27,1 cm với hệ số biến động về đường kính lớn (từ 59,7% đến 79,1%).

Bảng 4. Mô hình phân bố $N/D_{1.3}$ đối với 3 trạng thái rừng theo phân bố Beta bốn tham số

Trạng thái	OTC	α	β	c	d	p-value	Mức ý nghĩa	Kết luận
Chưa khai thác (UL)	1	1,52	140,98	7,79	1649,35	0,104	0,05	H_0^+
	3	1,00	8,75	9,38	176,77	0,067	0,05	H_0^+
	4	1,05	13,85	9,36	215,51	0,088	0,05	H_0^+
Khai thác cường độ thấp (LIL)	6	0,79	4,51	8,91	137,90	0,099	0,05	H_0^+
	7	1,13	22,33	9,26	335,31	0,063	0,05	H_0^+
	9	1,10	30,74	8,68	485,48	0,106	0,05	H_0^+
Khai thác cường độ cao (HIL)	2	1,04	10,30	9,12	207,05	0,099	0,05	H_0^+
	8	0,84	5,74	8,67	162,05	0,113	0,05	H_0^+
	10	1,14	82,30	9,11	1129,61	0,087	0,05	H_0^+

Phân bố N/D của 3 trạng thái rừng được mô phỏng theo phân bố Beta bốn tham số. Kết quả ở Bảng 4 cho thấy, phân bố Beta bốn tham số mô phỏng tốt phân bố số cây theo cỡ đường kính (p-value > 0,05). Phân bố N/D của ba

trạng thái rừng trên 9 OTC đều có dạng phân bố giảm; trong đó số cây tập trung chủ yếu tại cấp đường kính thứ 2 (20 cm) và số cây không có sự biến động lớn giữa 3 trạng thái rừng (Hình 2).



Hình 2. Đồ thị biểu diễn phân bố số cây theo cỡ đường kính của 9 OTC theo phân bố Beta bốn tham số

3.2.2. Phân bố số cây theo cấp chiều cao (N/H_{VN})

Bảng 5. Đặc trưng thống kê đường kính thân cây của 3 trạng thái rừng ở khu vực nghiên cứu

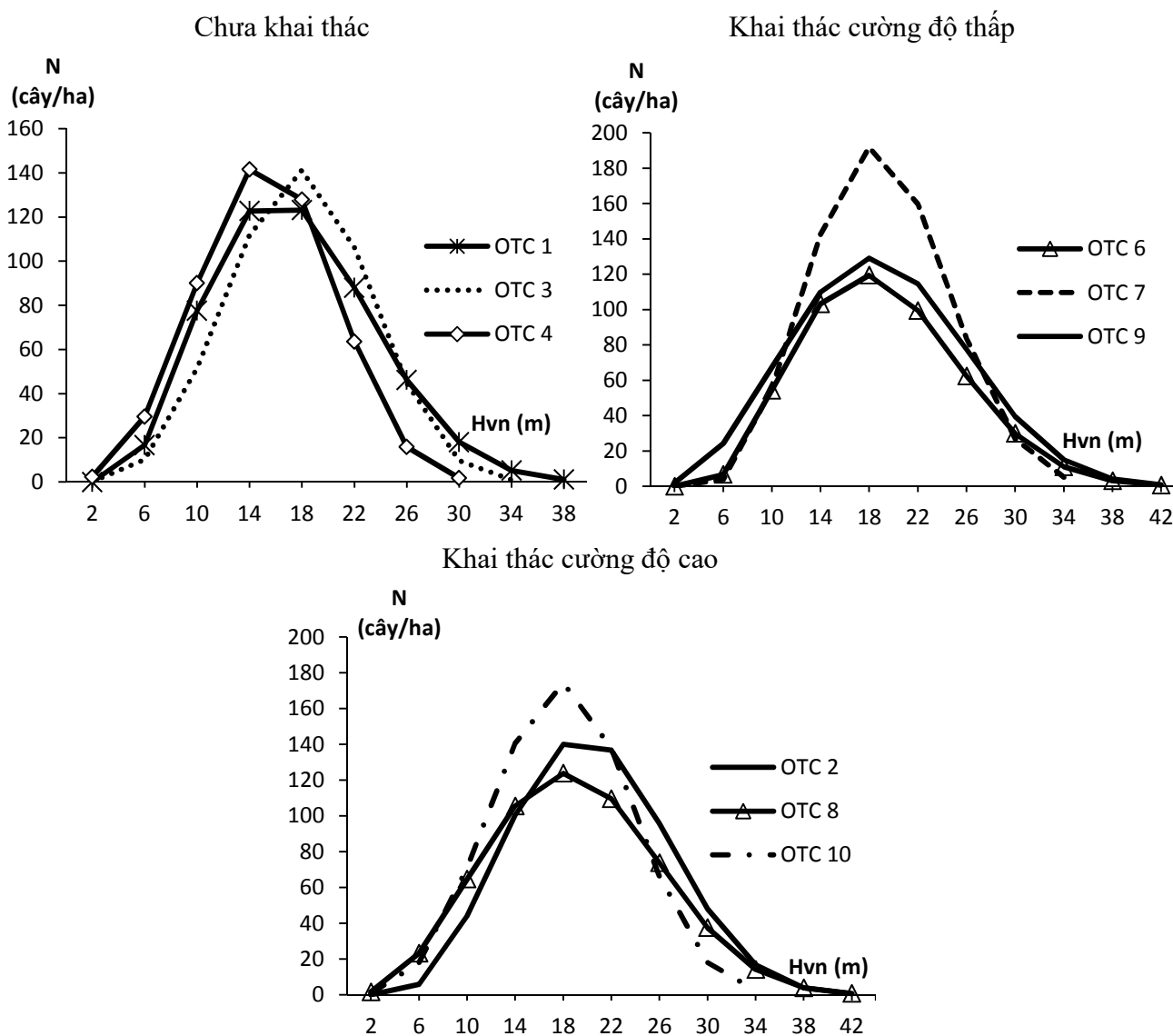
Trạng thái	OTC	N (Cây/ha)	\bar{H}_{VN} (m)	S	Độ nhọn	Độ lệch	S%	Min	Max
Chưa khai thác (UL)	1	500	17,5	6,6	0,1	0,7	37,8	5	37
	3	479	17,9	5,6	0,2	0,7	31,3	3	35
	4	577	17,2	6,5	-0,2	0,7	37,6	1	35
Khai thác cường độ thấp (LIL)	6	492	19,2	6,9	-0,4	0,7	35,8	6	42
	7	672	19,0	6,0	-0,5	0,5	31,7	6	35
	9	585	19,0	7,0	-0,3	0,6	37,0	2	41
Khai thác cường độ cao (HIL)	2	594	20,4	7,0	-0,4	0,6	34,4	5	40
	8	559	19,0	7,7	0,1	0,7	40,5	2	40
	10	631	18,0	6,2	-0,1	0,5	34,7	2	35

Bảng 5 cho thấy, chiều cao trung bình của 3 trạng thái rừng dao động từ 17,2 m đến 20,4 m với hệ số biến động về chiều cao từ 31,3% đến 40,5%. Phân bố N/H được mô phỏng bằng hàm phân bố Weibull ba tham số. Số liệu ở bảng 6 chỉ ra rằng phân bố N/H của ba trạng thái rừng

phù hợp với phân bố Weibull ba tham số (p-value > 0,05). Phân bố N/H của 5/9 OTC là phân bố một đỉnh lệch trái ($\beta < 3$). Trái lại, phân bố N/H của 4 OTC còn lại là phân bố một đỉnh lệch phải ($\beta > 3$). Số cây tập trung chủ yếu ở cấp chiều cao từ 14 m đến 18 m (Hình 3).

Bảng 6. Mô hình phân bố N/H đối với 3 trạng thái rừng theo hàm Weibull ba tham số

Trạng thái	OTC	β	γ	μ	p-value	Mức ý nghĩa	Kết luận
Chưa khai thác (UL)	1	2,3	14,4	4,7	0,060	0,05	H_0^+
	3	3,3	16,9	2,7	0,070	0,05	H_0^+
	4	3,3	18,4	0,7	0,054	0,05	H_0^+
Khai thác cường độ thấp (LIL)	6	2,3	15,3	5,6	0,150	0,05	H_0^+
	7	3,3	19,3	1,7	0,102	0,05	H_0^+
	9	2,8	19,6	1,6	0,118	0,05	H_0^+
Khai thác cường độ cao (HIL)	2	2,8	17,7	4,6	0,129	0,05	H_0^+
	8	2,8	19,5	1,6	0,146	0,05	H_0^+
	10	3,3	18,2	1,7	0,133	0,05	H_0^+



Hình 3. Đồ thị biểu diễn phân bố số cây theo cỡ chiều cao của 9 OTC theo phân bố Weibull ba tham số

3.4. So sánh một số chỉ tiêu giữa các trạng thái rừng

Kết quả so sánh các chỉ tiêu về đường kính trung bình, chiều cao trung bình, mật độ trung bình và tổng tiết diện ngang trung bình của 3 trạng thái rừng được tổng hợp trong bảng 7.

Bảng 7. So sánh một số chỉ tiêu giữa 3 trạng thái rừng

Chỉ tiêu	F	p-value
$\bar{D}_{1.3}$ (cm)	0,358	0,713
\bar{H}_{VN} (m)	4,997	0,053
N (cây/ha)	1,250	0,352
G (m ² /ha)	10,093	0,012
M (m ² /ha)	163,85	8,03.10 ⁻¹⁰

Số liệu ở bảng 7 chỉ ra rằng đường kính, chiều cao và mật độ của 3 trạng thái rừng là không có sự khác nhau (p-value > 0,05). Trái lại, tổng tiết diện ngang và trữ lượng quần thụ của 3 trạng thái rừng khác nhau rõ rệt (p-value < 0,05).

Bảng 8. Đặc trưng thống kê đa dạng loài cây gỗ đối với ba trạng thái rừng khác nhau

Đơn vị tính: 0,04 ha

Trạng thái	TT	Thống kê	S	N (cây)	d	J'	H'
Chưa khai thác (UL)	1	Số ô mẫu (n)	75	75	75	75	75
	2	Trung bình	15,29	20,73	4,72	0,95	-3,18
	3	Sai tiêu chuẩn	3,90	6,29	0,91	0,14	0,01
	4	CV%	25,48	30,33	19,38	11,61	-0,37
	5	Nhỏ nhất	5	7	2,06	0,91	-3,19
	6	Lớn nhất	33	52	8,09	0,97	-3,16
	7	Lớn nhất-nhỏ nhất	28	45	6,03	0,06	0,03
Khai thác cường độ thấp (LIL)	1	Số ô mẫu (n)	75	75	75	75	75
	2	Trung bình	17,03	23,32	5,08	0,92	-3,20
	3	Sai tiêu chuẩn	3,94	5,72	0,91	0,09	0,01
	4	CV%	23,11	24,53	17,90	8,38	-0,03
	5	Nhỏ nhất	10	12	3,61	0,87	-3,20
	6	Lớn nhất	27	36	7,44	0,93	-3,19
	7	Lớn nhất-nhỏ nhất	17	24	3,83	0,06	0,01
Khai thác cường độ cao (HIL)	1	Số ô mẫu (n)	75	75	75	75	75
	2	Trung bình	17,32	23,79	5,15	0,91	-3,19
	3	Sai tiêu chuẩn	3,60	5,34	0,86	0,09	0,004
	4	CV%	20,78	22,46	16,71	8,25	-0,12
	5	Nhỏ nhất	8	12	2,82	0,85	-3,19
	6	Lớn nhất	26	34	7,13	0,94	-3,20
	7	Lớn nhất-nhỏ nhất	18	22	4,31	0,09	0,01

Mật độ cây gỗ và số loài cũng có sự khác biệt giữa ba trạng thái rừng, trong đó cao nhất là ở trạng thái rừng khai thác cường độ cao

Tiết diện ngang quần thụ của 3 trạng thái rừng này tương tự như rừng ở Uganda và Kenya (Bonnell và cộng sự, 2011), nhưng cao hơn so với rừng tự nhiên ở Central Sulawesi, Indonesia (31,6 - 33,1 m²/ha) (Brodbeck, 2004). Phân bố số cây theo cấp đường kính của cả 3 trạng thái rừng trong nghiên cứu này là phân bố giảm; trong đó số cây tập trung ở cấp đường kính 12 cm. Phân bố số cây theo cấp chiều cao ở cả ba trạng thái rừng này là phân bố 1 đỉnh lệch phải; trong đó số cây tập trung từ 14 - 18 m.

3.5. Các chỉ số đa dạng

Tổng số cây có trong 9 OTC của 3 trạng thái rừng 5089 cây với 152 loài khác nhau. Kết quả tính chỉ số đa dạng loài cây cho 3 trạng thái rừng được tổng hợp trong bảng 8.

Đặc trưng thống kê đối với những thành phần đa dạng loài cây gỗ (S, N, d, J', H') của ba trạng thái rừng được ghi lại ở bảng 8.

(với 17,32 cây/0,04 ha và 23,79 loài/0,04 ha) (Bảng 8), tiếp đó là trạng thái rừng khai thác cường độ thấp (với 17,03 cây/0,04 ha và 23,32

loài/0,04 ha), và thấp nhất là ở trạng thái rừng chưa khai thác (15,29 cây/0,04 ha và 20,73 loài/0,04 ha). Chỉ số giàu có về loài cây gỗ ($d - Margalef$) cũng có sự khác biệt giữa ba loại rừng, trong đó cao nhất ở rừng khai thác cường độ cao ($d = 5,15$), thấp nhất ở rừng chưa khai thác ($d = 4,72$). Chỉ số đồng đều gia tăng dần từ rừng chưa khai thác ($J' = 0,95$) đến rừng khai thác cường độ thấp ($J' = 0,92$) và rừng khai thác cường độ cao ($J' = 0,91$). Chỉ số đa dạng H' nhận giá trị cao nhất ở rừng khai thác cường độ thấp ($H' = -3,20$) và thấp nhất ở rừng

chưa khai thác ($H' = -3,18$).

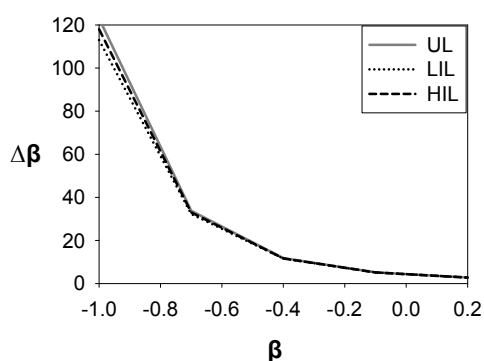
Độ nhiều của loài sau khai thác chọn biến động rất khác nhau, thấp hơn trước khai thác ở rừng Bornean, Malaysia (Cannon và cộng sự, 1998); cao hơn trước khai thác chọn ở Brazilian (Magnusson và cộng sự, 1999) và không có sự khác biệt giữa trước và sau khai thác chọn ở rừng Sabah, Malaysia (Berry và cộng sự, 2008). Ở khu vực nghiên cứu, Do và cộng sự (2016) cho rằng 30 năm là chưa đủ để các trạng thái rừng sau khai thác có thể phục hồi cấu trúc như trước khi khai thác.

Bảng 9. Chỉ số đa dạng trên 9 OTC của 3 trạng thái rừng

Trạng thái rừng	OTC	Số loài	Shannon-Wiener	Simpson
Chưa khai thác (UL)	2	83	4,146	0,979
	8	80		
	10	86		
	Tổng cộng	124		
Khai thác cường độ thấp (LIL)	6	83	4,103	0,977
	7	79		
	9	87		
	Tổng cộng	114		
Khai thác cường độ cao (HIL)	1	70	4,096	0,976
	3	82		
	4	96		
	Tổng cộng	119		

Số loài, chỉ số Shannon-Wiener, và chỉ số Simpson của trạng thái rừng chưa khai thác cao hơn một chút so với hai trạng thái rừng là trạng thái rừng khai thác cường độ thấp và trạng thái rừng khai thác cường độ cao (Bảng 9).

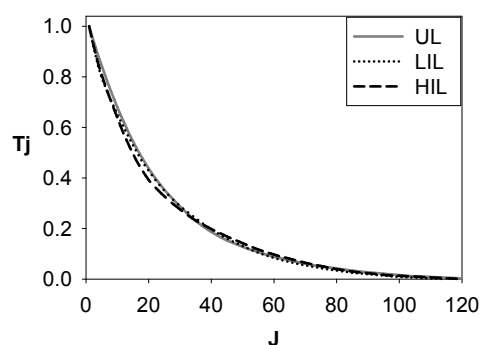
3.6. Hồ sơ đa dạng



Hình 4. Hồ sơ đa dạng $\Delta\beta$ của ba trạng thái rừng

Hồ sơ đa dạng $\Delta\beta$ của trạng thái rừng khai thác cường độ thấp và trạng thái rừng khai thác cường độ cao giao nhau tại giá trị $\beta = -0,1$ (Hình 4). Điều này giải thích tại sao hai giá trị Δ_{Sh} và

Δ_{Si} của trạng thái rừng khai thác cường độ thấp lớn hơn trạng thái rừng khai thác cường độ cao, còn giá trị Δ_{SC} lại nhỏ hơn (Bảng 9).



Hình 5. Hồ sơ đa dạng T_j của ba trạng thái rừng

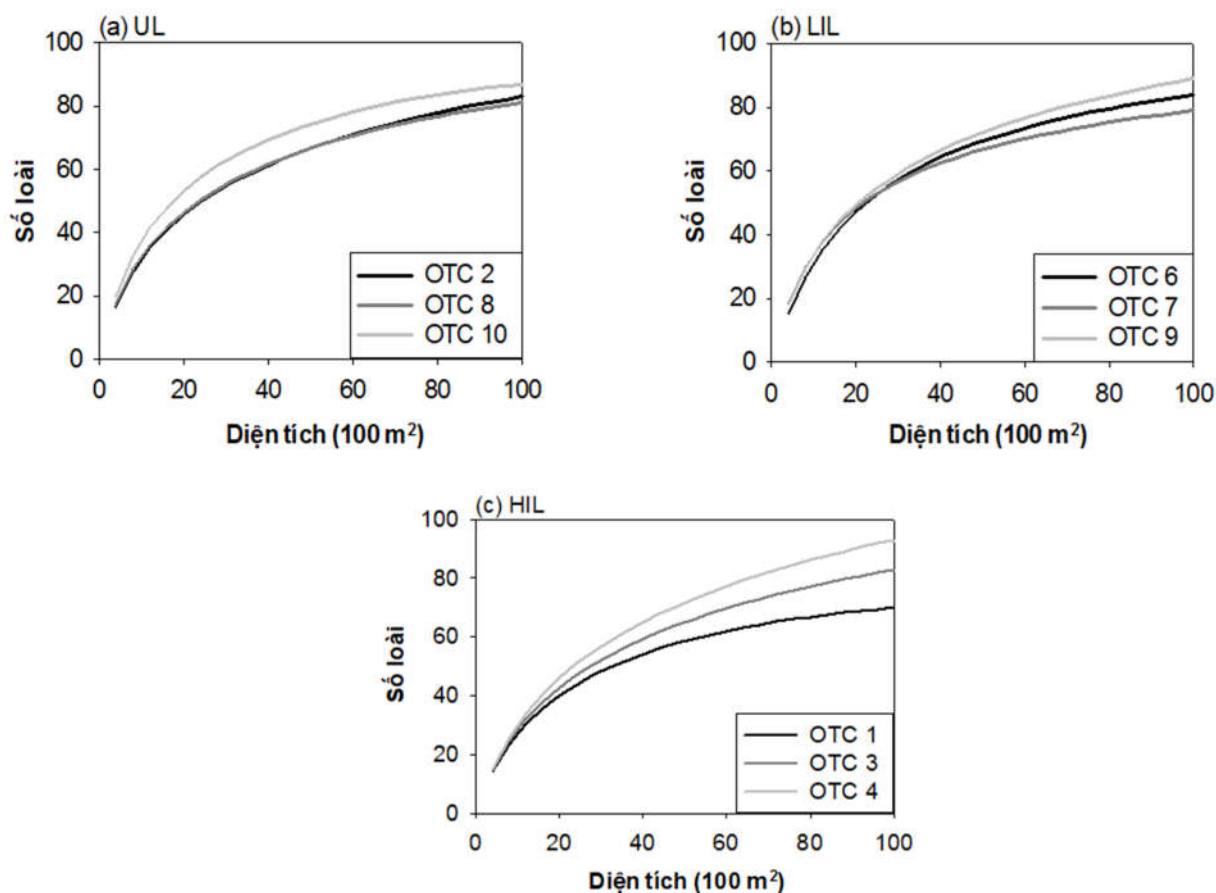
Hồ sơ đa dạng T_j của trạng thái rừng chưa khai thác nằm trên hồ sơ đa dạng T_j của trạng thái rừng khai thác cường độ thấp từ giá trị j bằng 1 tới 21 (Hình 5). Từ giá trị j từ 22 trở đi, hồ sơ đa dạng T_j của trạng thái rừng chưa khai thác dao động bên trên hoặc bên dưới hồ sơ đa dạng của trạng thái rừng khai thác cường độ

thấp. Hồ sơ đa dạng của trạng thái rừng khai thác cường độ cao cắt hồ sơ của trạng thái rừng khai thác cường độ thấp tại giá trị j bằng 7 và cắt hồ sơ đa dạng của trạng thái rừng chưa khai thác tại giá trị j bằng 34. Do đó, về đa dạng nội tại, không có trạng thái nào đa dạng hơn. Phân tích chỉ số đa dạng Shannon-Wiener và Simpson chỉ ra rằng $\Delta_{Sh}, \Delta_{Si} (UL) > \Delta_{Sh}, \Delta_{Si} (LIL) > \Delta_{Sh}, \Delta_{Si} (HIL)$. Tuy nhiên, có sự mâu thuẫn giữa trạng thái rừng khai thác cường độ thấp và trạng thái rừng khai thác cường độ cao, cụ thể, $\Delta_{Sh}, \Delta_{Si} (LIL) > \Delta_{Sh}, \Delta_{Si} (HIL)$, nhưng $\Delta_{SC} (LIL) < \Delta_{SC} (HIL)$. Sự không đồng nhất về đa dạng loài cây gỗ giữa ba trạng thái rừng là do ảnh hưởng của cường độ khai thác. Số liệu này phù hợp với nghiên cứu của Djomo (2015) đối với rừng thường xanh ở đông Cameroon (Djomo và cộng sự, 2006) và rừng tự nhiên ở

Central Sulawesi, Indonesia (Brodbeck, 2004). Hơn nữa, từ kết quả hồ sơ đa dạng T_j trong nghiên cứu này cho thấy, không có trạng thái rừng nào đa dạng hơn. Điều này chứng tỏ khai thác ảnh hưởng không rõ rệt đến đa dạng loài cây gỗ.

3.7. Quan hệ số loài cây - diện tích

Độ nhiều của một loài cây gỗ được mô tả bằng phương pháp Rarefaction. Số loài theo diện tích của 03 trạng thái rừng được mô tả trong hình 6 (a - c). Số loài cây trong diện tích 1 ha biến động từ 60 - 90 loài và không đồng đều ở các trạng thái rừng. Số loài cây gỗ ở hai trạng thái rừng đã qua khai thác chọn có xu hướng gia tăng theo kích thước ô mẫu (Hình 6 (b - c)). Số loài cây gỗ ở trạng thái rừng chưa qua khai thác có xu hướng ổn định khi diện tích ô mẫu 1 ha.



Hình 6. Quan hệ số loài cây-diện tích của ba trạng thái rừng: (a) Chưa khai thác, (b) Khai thác tác động thấp, (c) Khai thác tác động mạnh

3.8. Phân bố không gian của các loài cây gỗ

Số loài cây gỗ ở trạng thái chưa qua khai thác (UL) là 28 loài (100%); trong đó 18 loài

(64,2%) phân bố cụm, còn lại 5 loài (17,9%) phân bố đều và ngẫu nhiên. Các loài phân bố cụm thường bắt gặp là Dẻ trắng, Hoa khế,

Trâm trắng, Xoay. Các loài phân bố đều thường bắt gặp là Dẻ đỏ, Giỏi hung, Sến mù, Nhọc. Phân bố ngẫu nhiên xuất hiện ở Chòi mò, Trường và Dâu móc.

Tổng số loài cây gỗ bắt gặp ở trạng thái rừng đã qua khai thác chọn với cường độ thấp (LIL) là 29 loài (100%); trong đó 14 loài (48,3%) phân bố cụm, 10 loài (34,4%) phân bố ngẫu nhiên và 5 loài (17,3%) phân bố đều. Những loài thường bắt gặp phân bố cụm là Chôm chôm, Xoay, Trâm móc, Dâu móc. Phân bố dạng ngẫu nhiên gồm các loài điển hình như Nhọc, Chòi mò, Dâu móc, Giỏi hung, Hoắc quang. Phân bố dạng đều xuất hiện ở các loài như Dẻ đỏ, Chôm chôm, Trâm trắng.

Tổng số loài cây gỗ bắt gặp ở trạng thái rừng đã qua khai thác chọn với cường độ cao (HIL) là 31 loài (100%); trong đó 17 loài (54,8%) phân bố cụm, 10 loài (32,2%) phân bố ngẫu nhiên, 4 loài (12,9%) phân bố đều. Phân bố cụm thường bắt gặp ở các loài như Nhọc, Ngát, Cò ke, Dung trứng. Các loài có phân bố ngẫu nhiên thường bắt gặp là Giỏi xanh, Kháo, Cò ke, Đền 3 lá, Trường, Gội tẻ, Ràng ràng lá nhỏ, Xoay. Các loài phân bố đều thường bắt gặp là Chôm chôm, Giỏi hung, Xoay.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng đường kính trung bình và chiều cao trung bình của rừng đã qua khai thác 30 năm tương tự như rừng ở trạng thái ổn định. Trái lại, mật độ, tiết diện ngang và trữ lượng rừng đã qua khai thác 30 năm lớn hơn so với rừng ở trạng thái ổn định. Sự khác biệt này được giải thích là do mật độ của rừng đã qua khai thác 30 năm lớn hơn so với trạng thái ổn định. Điều đó chứng tỏ quá trình tái sinh của 2 trạng thái rừng khai thác cường độ thấp và khai thác cường độ cao đã diễn ra rất mạnh mẽ. Sự khác biệt về mật độ của ba trạng thái rừng trong nghiên cứu này với số liệu của những tác giả khác được giải thích là do sự khác nhau về điều kiện khí hậu, địa lý và phương pháp thu mẫu.

Tiết diện ngang quần thụ của 3 trạng thái rừng trong nghiên cứu này dao động từ 33,9 m²/ha đến 51,3 m²/ha.

Số loài cây gỗ bắt gặp trong ba trạng thái rừng ở khu vực nghiên cứu (152 loài) cũng tương tự như rừng thường xanh ở Tây Nam Cameroon (145 loài) (Djomo và cộng sự, 2006) và cao hơn so với rừng tự nhiên ở Central Sulawesi, Indonesia (81, 89, và 92 loài) Brodbeck (2004). Kết quả này tương tự như nghiên cứu của Hall và cộng sự (2003) đối với rừng núi thấp ở Trung Phi.

Trong nghiên cứu này, độ nhiều của loài cũng không có sự khác biệt rõ rệt giữa rừng trước và sau khi khai thác. Tuy nhiên, độ nhiều của loài có xu hướng tăng lên theo diện tích. Điều đó chứng tỏ rừng sau khi khai thác 30 năm có thể phục hồi lại độ nhiều của các loài cây gỗ.

Phân tích phân bố không gian cho thấy rằng phần lớn các loài cây gỗ phân bố theo dạng cụm. Kiểu phân bố này có thể được giải thích là do việc phát tán hạn chế của các loài cây (He và cộng sự, 1997). Phân bố dạng ngẫu nhiên và đều rất phổ biến trong phân bố không gian của các loài cây rừng nhiệt đới, đặc biệt khi phân tích ở cấp đường kính lớn. Rừng sau khai thác có khuynh hướng gia tăng số loài cây ưu thế, nhiều loài cây gỗ phân bố cụm, xuất hiện nhiều loài cây gỗ ưa sáng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bonnell, T.R., Reyna-Hurtado, R., Chapman, C.A. (2011). Post-logging recovery time is longer than expected in an East African tropical forest. *For. Ecol. Manage.* 261, 855–864.
2. Brodbeck, F. (2004). *Structure and processes in traditional forest gardens of Central Sulawesi, Indonesia* [Ph.D. Dissertation], Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen, Germany, 2004.
3. Djomo, N. A. (2006). *Structure and stand dynamics of a moist evergreen forest in East Cameroon* [M.S. thesis], Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen, Germany, 2006.
4. Djomo, N. A. (2015). A Structure Analysis for Ecological Management of Moist Tropical Forests. *International Journal of Forestry Research*, volume 2015, Article ID 161645, 12 pages.
5. Hall, J.S., Harris, D.J., Medjibe, V., Ashton, P. Mark S. (2003). The effects of selective logging on forest structure and tree species composition in a Central African forest: implications for management of conservation areas. *For. Ecol. Manage.* 183, 249–264.

6. Lamprecht, H. (1989). *Silviculture in the Tropics*, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Eschborn, Germany, 1989.

7. Tchouto, M. G. P., de Wilde, J. J. F. E., de Boer, W. F., van Der Maesen, L. J. G., and Cleef, A. M. (2009). Bio-indicator species and Central African rain forest refuges in the Campo-Ma'an area, Cameroon.

Systematics and Biodiversity, vol. 7, no. 1, pp. 21–31, 2009.

8. Fangliang, H., Legendre, P., & LaFrankie, J. V. (1997). Distribution patterns of tree species in a Malaysian tropical rain forest. *Journal of Vegetation Science*, 8(1), 105-114.

STRUCTURE AND TREE SPECIES DIVERSITY OF EVERGREEN BROADLEAF FORESTS AFTER LOGGING AT KBANG DISTRICT, GIALAI PROVINCE

Cao Thi Thu Hien¹, Nguyen Hong Hai²

^{1,2}*Vietnam National University of Forestry*

SUMMARY

Selective logging is applied commonly in South-east Asia countries and the world. Numerous studies are carried out studying effect of selective logging with different intensities on forest structure and species diversity. However, recovery capacity of forests in term of time is still in controversy. In this study, we used 9 study 1-ha plots based on three different forest types such as unlogged, low intensity logging and high intensity logging after 30 years of logging in Kbang district, Gia Lai province. Methods of profile diversity, rarefaction and spatial pattern were used to study the structure and diversity of forest tree species. The results showed that the forest statuses were still rich forests after low and high intensity logging. The frequency distribution of the diameter dramatically declined with the ascending diameter classes, followed the Beta distribution and the number of trees mainly in diameter of 20 cm. The frequency distribution of the height were all skewed to the left of the graph, which followed the Weibull distribution with the height of the trees focused on 14 and 18 m. Mean of tree height and diameter and species diversity were not significantly different in three forest types. The Number of tree species tended to increase over 1 ha plot, especially on two logged forests. Tree species with aggregated distribution dominated among all three forests and tended to increase with highly disturbed forests. The findings shown that forest structure was well recovered after 30 years of logging and selective logging with appropriate intensity is promising economical-technical solution for sustainable forest management.

Keywords: Evergreen broadleaf forest, forest structure, Gia Lai, selective logging, tree species diversity.

Ngày nhận bài : 03/5/2018

Ngày phản biện : 22/8/2018

Ngày quyết định đăng : 03/9/2018